№ 11. Warszawa, 25 listopada 1931 r. Rok IX.

# TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE

OFICJALNY ORGAN POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO DLA SPRAW KOTŁOWYCH

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI

Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIĘKNA 32, m. 12. TEL. 8-81-47.

GODZINY BIUROWE: REDAKCJI—PIĄTKI, OD 18 DO 20, ADMINISTRACJI—CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

*Inż. W. WIERZBICKI.*

## GOSPODARKA PAROWA W GORZELNI

W kampanji 1928/29 r. było czynnych na terenie całego Państwa 1391 gorzelń rolniczych o łącznej produkcji 590,623 *hl* 100% spirytusu, w kampanji zaś 1929/30 r. było czynnych 1445 gorzelń rolniczych o łącznej produkcji 829,533 *hl* 100% spirytusu.

Według sprawozdania Naukowej Organizacji Gorzelnictwa za rok 1928/29 wynika (sprawozdania za rok 1929/30 narazie brak), że w 81,1% gorzelni jako paliwo był używany węgiel, z czego 47,9% przypada na miał węglowy, a 33,2% na węgiel gruby, pozatem drzewo było stosowane w 11,6%, torf w 3,5%, a inne rodzaje paliwa w 3,8% gorzelni.

Zużycie węgla w *kg* na 1 *hl* wyprodukowanego spirytusu wynosiło:

| | |
|---|---|
| niżej 120 *kg* . . . . . . | 4,9% |
| od 120 — 150 *kg* . . . . | 19,8% |
| od 150 — 180 *kg* . . . . | 28,4% |
| od 180 — 200 *hg* . . . . | 15,9% |
| od 200 — 250 *kg* . . . . | 19,3% |
| wyżej 250 *kg* . . . . | 11,7% |

Mniej niż 120 *kg* węgla na 1 *hl* spirytusu zużyto w 4,9% wypadków. To bardzo małe zużycie paliwa tłomaczy się tem, że użyto w tych gorzelniach obok pary także siły wodnej, względnie elektrycznej. W wielu jednak wypadkach ta niska liczba jest spowodowana błędnem wyliczeniem zużycia paliwa dla samej gorzelni i dla celów poza gorzelnią będących.

Liczby rozchodu węgla na jednostkę wyprodukowanego spirytusu są zebrane przez instruktorów gorzelniczych podczas objazdów bezpośrednio od kierowników gorzelni, jednak nie sprawdzone przez N. O. G., dlatego liczby te mają wartość jedynie przybliżoną.

Pomimo to jednak liczby te orjentują nas w dużych rozpiętościach rozchodu węgla. Te duże wahania zużycia węgla na 1 *hl* spirytusu, które wynoszą od 120 do powyżej 250 *kg* zależą: od urządzenia wewnętrznego gorzelni, od ilości zacierów na dobę, od wielkości kadzi fermentacyjnych, od tego, czy poszczególne aparaty są ze sobą sharmonizowane to znaczy, czy czas przeprowadzenia zacieru (parowanie, zacieranie, następnie cukrowanie, chłodzenie i przepompowanie zacieru), zgodny będzie co do czasu z trwaniem odpędu, od rodzaju i wielkości parników, od skrobjowości ziemniaków od sposobu parowania, od tego czy ilość wody dla potrzeb gorzelni jest dostateczna, czy powierzchnia ogrzewalna kotła jest odpowiednia, czy palenisko jest dostosowane do danego paliwa, od rodzaju i wartości cieplnej paliwa, od tego czy para powrotna z maszyny parowej i pomp parowych używana jest do aparatu destylacyjnego, czy rurociągi parowe, parniki są zaizolowane, czy praca kotła jest sprawna, czy palacz jest umiejętny, wreszcie w dużej mierze od organizacji pracy kierownika gorzelni, od którego winno się wymagać, aby z przerobem załatwił się w najkrótszym czasie.

Jak z powyższego wynika rozchód węgla w gorzelniach zależeć będzie od najrozmaitszych warunków. Jedne z tych warunków są tego rodzaju, że zmniejszenie rozchodu paliwa nie da się łatwo osiągnąć, bo przyczyna tkwi w samej budowie aparatu lub niesharmonizowaniu go z całością urządzenia, jak naprzykład, za mały aparat odpędowy, za małej powierzchni ogrzewalnej kocioł, jest jednak cały szereg warunków, które przy stosunkowo małym nakładzie lub jedynie umiejętności i dobrej woli kierownika gorzelni dadzą się naprawić.

Trudne ogólne warunki gospodarcze, a szczególnie ciężkie warunki, jakie przeżywa

obecnie rolnictwo i związany z nim przemysł gorzelniczy, nakazują zrewidować swe warsztaty pracy i poczynić oszczędności we wszystkich działach tak, aby koszta produkcji zmniejszyć do minimum. Jedną z takich pozycyj będzie oszczędność na opale w gorzelniach.

Ponieważ brak ścisłych danych porównawczych co do użycia paliwa względnie pary na jednostkę wyprodukowanego spirytusu Stowarzyszenie Dozoru Kotłów Parowych w Warszawie z inicjatywy i przy współudziale Prof. Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego D-ra W. Dąbrowskiego przeprowadziło w 1928 r. badania nad gospodarką parową w Wilanowie. Badania te zostały przeprowadzone, dla porównania, przy pracy w gorzelni na jeden, dwa i trzy zaciery na dobę.

Niezależnie od przeprowadzenia prób na odparowanie z kotłem parowym, badano paromierzami rozchód pary na parniki podczas parowania ziemniaków, rozchód pary na aparat destylacyjny; mierzono przytem dodatkowo paromierzami dopływ świeżej pary do aparatu destylacyjnego.

Badana gorzelnia zbudowana została w 1908 roku przez fabrykę Bormann, Szwede i Sp. w Warszawie, jest całkowicie zmechanizowana i składa się z następujących ważniejszych maszyn i aparatów; z kotła parowego dwupłomienicowego o powierzchni ogrzewalnej 65 $m^2$, z 2-ch parników stożkowych syst. „Henze“ o łącznym ładunku około 3300 *kg* ziemniaków, z kadzi zaciernej żelazno-lanej rurowej o pojemności około 53 *hl*, z kadzi fermentacyjnej o pojemności około 46 *hl*, z aparatu destylacyjnego jednokolumnowego, żelaznego, przepędzającego około 120 litrów okowity na godzinę o mocy około 92° *Trl*, przy aparacie ustawiony regulator pary, z maszyny parowej jednocylindrowej o liczbie obrotów 130 na *min*, o wymiarach cylindra 275 × 400 *mm* ze stawidłem Mayera.

## A. Zestawienie wyników prób na odparowanie kotła przy 1-ym, 2-ch i 3-ch zacierach na dobę.

### Opis.

Kocioł parowy dwupłomienicowy 65 $m^2$ pow. ogrzew. zbudowany w 1908 r. przez fabrykę Bormann, Szwede i Sp. na 6 *atn*, palenisko wewnętrzne na węgiel, ruszta płaskie, obsługa ręczna, ciąg naturalny przez komin murowany.

*Paliwo* ważono na wadze dziesiętnej. Wartości kaloryczne paliwa zostały oznaczone w Centralnem Laboratorjum Cukrowniczem w Warszawie.

*Woda*: zużycie wody mierzono w wycechowanym zbiorniku.

Niezależnie od tego dla kontroli ustawiono na przewodzie zasilającym kocioł wodomiar syst. Siemens'a, notując stany początkowy i końcowy, a na głównym przewodzie parowym ustawiono paromierz i odczyty notowano co 3 minuty.

*Gazy spalinowe* analizowano przed zasuwą kominową aparatem Orsata.

*Temperatury* mierzono termometrami rtęciowemi i pirometrami.

*Ciśnienie w kotle* mierzono manometrem kontrolnym.

*Ciąg mierzono* rurkami *U*.

Analizy gazów, odczyty temperatury, ciśnienie w kotle oraz ciąg notowano co 15 minut[1]).

Przy jednym zacierze na dobę z dnia 6 lutego 1928 r. (data pomiaru) waga przerobionych ziemniaków wynosiła 3393,6 *kg* o skrobjowości 18,3.

W dniu tym oddestylowano 387 litrów 100% alkoholu z zacieru 4500 litrów o zawartości alkoholu 8,6%.

Przy dwóch zacierach na dobę z dnia 24 stycznia 1928 r. (data pomiaru) waga przerobionych ziemniaków wynosiła 6597,4 *kg* o skrobjowości 19,3.

W dniu tym oddestylowano 797 litrów 100% alkoholu z zacieru 9000 litrów o zawartości alkoholu 8,87%.

Przy trzech zacierach na dobę z dnia 30 stycznia 1928 r. (data pomiaru) waga przerobionych ziemniaków wynosiła 9983,4 *kg* o skrobjowości 18,6.

W dniu tym oddestylowano 1155 litrów 100% alkoholu z zacieru 13400 litrów o przeciętnej zawartości alkoholu 8,62%.

Jeżeli ilości spalonego węgla odniesiemy do jednostki oddestylowanego alkoholu w dniach pomiaru i uwzględnimy przytem ilości zużyte na rozpałkę, to otrzymamy zużycie na 1 litr 100% alkoholu:

przy jednym zacierze . . . . 1,94 *kg*
„ dwóch zacierach . . . . 1,63 „
„ trzech zacierach . . . . 1,36 „

przy wartości opałowej węgla 5780 *Cal*, 5585 *Cal* i 5761 *Cal*.

Ponieważ gorzelnie rolnicze stosują rozmaite gatunki paliwa, bardzo różniące się pomiędzy sobą wartościami opałowemi (węgiel, torf, drzewo), przeto dla porównania będzie ściślej, jeżeli podamy rozchody pary w odniesieniu do 1 litra alkoholu, a zatem:

przy jednym zacierze . . 8,32 *kg* pary
przy dwóch zacierach . . 7,04 „ „
przy trzech zacierach . . 6,71 „ „

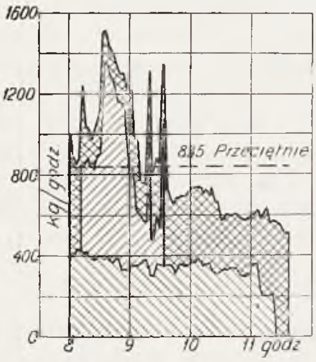
[1]) Por. tabela str. 211.

Tab. 1. B. **Wyniki.**

| | Jeden zacier | Dwa zaciery | Trzy zaciery |
|---|---|---|---|
| *System kotła:* dwupłomienicowy, ciśnienie robocze 6 *atn* . | — | — | — |
| *Powierzchnia ogrzewalna* 65 $m^2$ . . . . . . . . . . | — | — | — |
| *Data próby* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6.II. 1928 r. | 24.I. 1928 r. | 30.I. 1928 r. |
| *Powierzchnia rusztów* kotła 2,25 $m^2$ . . . . . . . . . | — | — | — |
| *Stosunek powierzchni rusztów* do powierzchni ogrzew. 1 : 29 . | — | — | — |
| *Czas trwania próby* = czasowi przerobu . . . . . . . | 3,6 godz. | 6,6 godz. | 9,15 godz. |
| *Paliwo*: Węgiel kamienny orzech Nr. 2 o dolnej wartości użytecznej . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5780 *Cal* | 5585 *Cal* | 5761 *Cal* |
| *Spalono za czas pomiarów* (za czas przerobu) . . . . . | 600 *kg* | 1150 *kg* | 1425 *kg* |
| Spalono na rozpałkę . . . . . . . . . . . . . | 150 *kg* | 150 *kg* | 150 *kg* |
| (przy obliczaniu skutku użytecznego kotła, ilości węgla użytego na rozpałkę nie uwzględniano, natomiast przy obliczeniu rozchodu paliwa na jednostkę wyprodukowanego alkoholu ilość tą przyjęto pod uwagę). | | | |
| Spalono na godzinę . . . . . . . . . . . . . | 166 *kg* | 174 *kg* | 156 *kg* |
| Spalono na godzinę i 1 $m^2$ powierzchni rusztu . . . | 74 *kg* | 77,5 *kg* | 69,3 *kg* |
| **Popiół i żuzel.** | | | |
| Otrzymano ogółem . . . . . . . . . . . . . . . | 63 *kg* | 97 *kg* | 98 *kg* |
| w % użytego paliwa . . . . . . . . . . . . . . | 10,5 | 8,43 | 6,9 |
| **Woda zasilająca.** | | | |
| Temperatura w zbiorniku °C . . . . . . . . . . . | 39 | 40,3 | 43,5 |
| Odparowano ogółem . . . . . . . . . . . . . . | 3220 *kg* | 5620 *kg* | 7752 *kg* |
| „ na godzinę . . . . . . . . . . . | 895 *kg* | 851 *kg* | 846 *kg* |
| Odparowano na godzinę z 1 $m^2$ pow. ogrzewalnej . . . . | 13,7 *kg* | 13,1 *kg* | 13 *kg* |
| **Para.** | | | |
| *Średnie ciśnienie manometryczne kg/cm²* . . . . . . | 4,9 | 4,9 | 5,5 |
| Całkowite ciepło w *kg* pary . . . . . . . . | 657 | 657 | 660,2 |
| Ciepło pochłonięte z paliwa przez 1 *kg* . . . . . | 618 | 617 | 616,7 |
| **Gazy spalinowe.** | | | |
| Średnia zawartość $CO_2$ w % . . . . . . . . . . . . | 6,38 | 7,6 | 7,46 |
| „ „ O w % . . . . . . . . . . . . | 13,40 | 12,3 | 12,59 |
| Nadmiar powietrza „n" . . . . . . . . . . . . | 2,7 | 2,36 | 2,45 |
| Temperatura przed zasuwą kominową °C . . . . . . | 263,2 | 279 | 271,5 |
| „ powietrza w kotłowni °C . . . . . . . . | 26,5 | 25,5 | 27 |
| Ciąg przed zasuwą kominową w *mm* słupa wody . . . . | 8 | 8,2 | 7,7 |
| Odparowalność: 1 *kg* paliwa odparował wody *kg* . . . | 5,2 | 4,88 | 5,44 |
| Ciepło wyzyskane z 1 *kg* paliwa w *Cal* . . . . . . . | 3315 | 3012 | 3355 |
| Skutek użyteczny w % . . . . . . . . . . . . . | 57,4 | 54,0 | 58,2 |
| **Bilans.** | | | |
| 1. Wyzyskano . . . . . . . . . . . . . . . . | 57,4% | 54,0% | 58,2% |
| 2. Stracono: | | | |
| a) w gazach kominowych . . . . . . . . . | 24% | 21,7% | 20,5% |
| b) w pozostałościach, popieln. i t. p. . . . . . . | } 18,6 | 24,1 | 21,3 |
| c) w promieniowaniu . . . . . . . . . . . | | | |

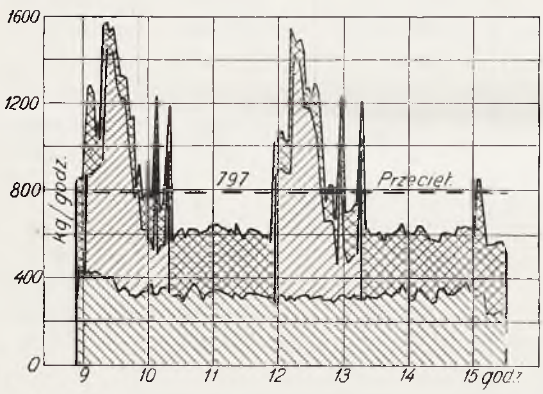
### C. Zestawienie wyników pomiarów pary na parniki i aparat destylacyjny, wykonanych przy pomocy paromierzy.

Zużycie pary w gorzelni jest nierównomierne: maximum zużycia przypada na okres parowania ziemniaków, poczem zapotrzebowanie pary znacznie spada.



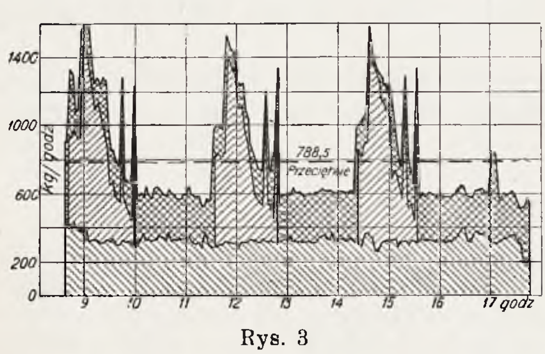

Rys. 1

Wykresy Nr. 1, 2 i 3 (rys. 1—3) dają nam obraz zapotrzebowania pary przy I, II i III zacierach na dobę. Jak widać ilość wody odparo-




Rys. 2

wanej w godzinę dla naszych warunków waha się około 600—1600 *kg/h*, a w odniesie-



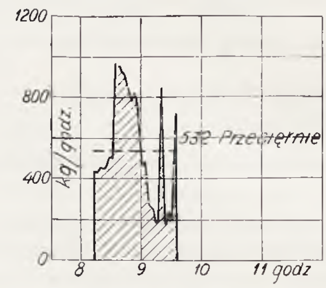

Rys. 3

niu do 1 $m^2$ powierzchni ogrzewalnej kotła i godziny wyniesie od 9,3 — 24,5 *kg/h*.

W danym wypadku maksymalna odparowalność wynosząca 24,5 *kg/h* z $m^2$ pow. ogrzew. dla kotła dwupłomienicowego znajduje się w granicach normalnych przeto ciśnienie w kotle podczas parowania ziemniaków nie spadało; powierzchnia ogrzewalna kotła jest dobrze obliczona. Zauważyć jednak wypada, że w wielu gorzelniach, ciśnienie w kotle podczas parowania ziemniaków spada, w następstwie czego są przerwy w ruchu i w związku z tem przedłużanie czasu przerobu i większe zużycie paliwa. Odparowalność wtedy z 1 $m^2$ pow. ogrzewalnej w ciągu 1 godziny wzrasta znacznie, kocioł jest za mały.

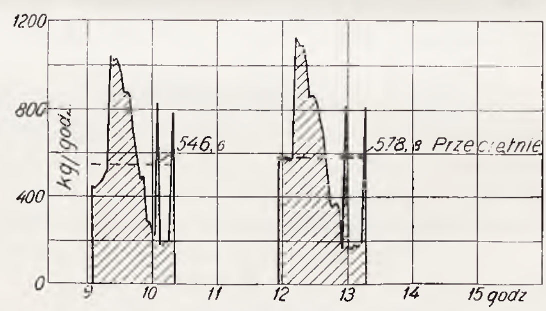
### Parnik.

Wykresy Nr. 4, 5 i 6 (rys. 4 — 6) dają nam obraz zużycia pary na parniki. Ładunek jednora-



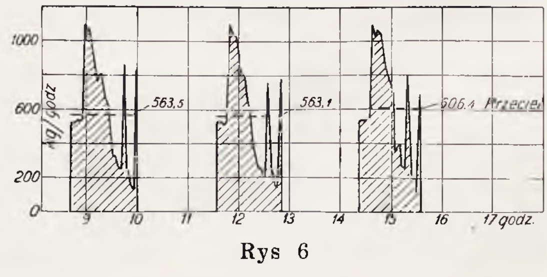

Rys. 4

zowy parników we wszystkich wypadkach t.j. przy I, II i III zacierach był taki sam i wynosił około 3300 *kg* ziemniaków. Śred-




Rys. 5

nio godzinne zużycie pary na parnik waha się od 532 *kg* — 606,4 *kg*.




Rys 6

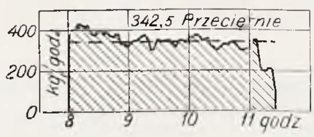
Charakter krzywych rozchodu pary jest jednakowy, pewne różnice godzinne w rozchodzie pary tłomaczą się sposobem parowania ziemniaków i czasem parowania.

Jeżeli odnieść zużycie pary na parniki, potrzebnej do rozgotowania 100 *kg* ziemniaków, to otrzymamy, że przy:

| | | |
|---|---|---|
| I | zacierze — rozchód pary wynosi | 20,8 *kg* |
| II | zacierach — „ „ „ | 22,5 *kg* |
| III | zacierach — „ „ „ | 21,3 *kg* |

## Aparat destylacyjny.

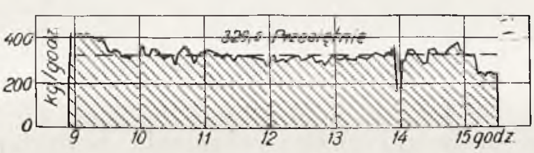
Do pędzenia aparatu służy: a) para powrotna z maszyny parowej, z pompy parowej zasilającej gorzelnię w wodę, z pompy od zacieru odfermentowanego, b) oraz w miarę potrzeby świeża para wprost z kotła parowego.



Rys. 7

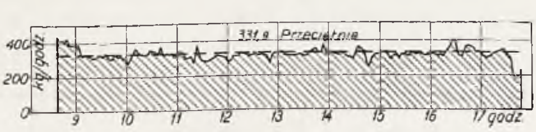
Cała ta para zbiera się, zanim przejdzie do aparatu destylacyjnego, w zbiorniku pary, w tak zwanym regulatorze pary.

Regulator pary jest zaopatrzony w zawór, który nie pozwala parze w zbiorniku



Rys. 8

przekroczyć ciśnienia, odpowiadającego temperaturze 105°C. O ile pary powrotnej jest zamało i temperatura spada dopuszczana jest świeża para z kotła.



Rys. 9

Przebieg zużycia pary na aparat destylacyjny przedstawiają wykresy Nr. 7, 8 i 9 (rys. 7 — 9).

Średnie godzinne zużycie pary przez aparat destylacyjny wynosi:

| | | |
|---|---|---|
| przy jednym | zacierze . . | 342,5 *kg/h* |
| „ dwóch | „ . . | 329,6 „ |
| „ trzech | „ . . | 331,9 „ |

Jeżeli odniesiemy to do 1 *hl* odfermentowanego zacieru, to otrzymamy:

| | |
|---|---|
| a) przy jednym zacierze . | 25,8 *kg* pary |
| b) przy dwóch zacierzach | 24,1 „ |
| c) przy trzech zacierach . | 22,6 „ |

albo w stosunku do 1 litra 100% spirytusu otrzymamy, że zużycie pary przez aparat destylacyjny wynosi:

| | |
|---|---|
| przy jednym zacierze na dobę . | 3,01 *kg* |
| przy dwóch zacierach na dobę . | 2,74 „ |
| przy trzech zacierach na dobę . | 2,63 „ |

Oprócz pary zwrotnej do pędzenia aparatu dodawano i świeżej pary. Ilości te mierzono specjalnie ustawionym paromierzem.

W danym wypadku ilość dodanej żywej pary wyniosła:

| | |
|---|---|
| przy jednym zacierze 317 *kg* | czyli około 27% ogólnej zużytej przez aparat, |
| przy dwóch zacierach 471 *kg* | czyli około 21% ogólnej zużytej przez aparat, |
| przy trzech zacierach 611 *kg* | czyli około 20% ogólnej zużytej przez aparat. |

## D. Zestawienie ogólne rozchodu pary w gorzelni.

Prócz dwóch głównych stacyj, zużywających parę w gorzelni, przy których ustawione były paromierze jak parniki, zasilane parą świeżą i aparat destylacyjny, do którego zwrócona jest para powrotna z maszyny parowej i poszczególnych pomp, oraz dopuszczana częściowa para świeża, — para z kotła jest zabierana do podgrzewania wody zimnej, używanej do celów fabrykacyjnych oraz do podgrzewania kadek drożdżowych. Cała ta para, ponieważ idzie z jednego głównego przewodu, była mierzona paromierzem, ogólnym patrz wykresy Nr. 1, 2 i 3 (rys. 1 — 3).

Jeżeli od ogólnego zużycia pary, zmierzonej paromierzem odejmiemy ilości zużyte przez parniki i aparat destylacyjny (wykresy 4, 5, 6, 7 8 i 9), otrzymamy resztę, na którą się złożą

1) ilość pary do podgrzewania wody zimnej,
2) ilość pary do podgrzewania kadek drożdżowych,
3) straty na ogólnym rurociągu parowym w gorzelni,
4) straty skutkiem wypuszczania pary przez regulator pary ustawiony przed aparatem destylacyjnym.

Rachunkowo przedstawia się zużycie pary w sposób następujący, przy uwzględnieniu czasów pracy parnika, aparatu destylacyjnego i trwania ogólnego przerobu.

Tab. 2.

| | Jeden zacier | Dwa zaciery | Trzy zaciery |
|---|---|---|---|
| 1. Parniki . . . . . . . . . . . . . . . . *kg* | 708 | 1492 | 2125,4 |
| 2. Aparat destylacyjny . . . . . . . . . . . *kg* | 1664 | 2175 | 3035 |
| 3. Podgrzewanie wody zimnej w gorzelni, kadek drożdżowych, straty na rurociągu i inne jak wyżej . . . *kg* | 1130 | 1593 | 2059,6 |
| *kg* | 3002 | 5260 | 7220 |

Tab. 3. **Czas trwania pracy parników, aparatu destylacyjnego i ogólnego przerobu.**

| | Jeden zacier | Dwa zaciery | Trzy zaciery |
|---|---|---|---|
| Parniki . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 godz. 20 m. | 1 godz. 18 m. | 1 godz. 17 m. |
| | | 1 godz. 21 m. | 1 godz. 14 m. |
| | | | 1 godz. 10 m. |
| Aparat destylacyjny . . . . . . . . . . . . . | 3 godz. 24 m. | 6 godz. 34 m. | 9 godz. 9 *m.* |
| Całkowity przerób . . . . . . . . . . . . . . | 3 godz. 36 m. | 6 godz. 34 m. | 9 godz. 9 *m.* |

Aby otrzymać całkowite zużycie pary należy do pozycyj powyższych dodać ilości pary nie zmierzone przez główny paromierz, a mianowicie ilość pary do podgrzania komory do ukwaszenia przycierków oraz ilość pary zużytej do zasilającej pompy Worthingtona. Te dwie ostatnie pozycje w rozchodzie pary miały niezależne połączenia bezpośrednio z kotła.

Jeżeli więc od całkowitej ilości pary (p. tab. 1) odejmiemy ilość pary zmierzonej paromierzem ustawionym na głównym przewodzie (patrz tab. 2), otrzymamy resztę, która na tabeli 4 umieszczona jest pod punktami 3 i 4.

Tab. 4. **Zestawienie rozchodu pary w gorzelni.**

| Ilość pary w *kg* | Jeden zacier | Dwa zaciery | Trzy zaciery |
|---|---|---|---|
| 1. Parniki . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 708 | 1492 | 2125,4 |
| 2. Aparat destylacyjny . . . . . . . . . . . . . . . . | 1164 | 2175 | 3035 |
| 3. Podgrzewanie kamery do ukwaszenia przycierków . . | 63 | 94,5 | 146 |
| 4. Pompa zasilająca kocioł parowy . . . . . . . . . . . | 144 | 253 | 349 |
| 5. Podgrzewanie wody zimnej w gorzelni, kadek drożdżowych, straty w rurociągach i inne . . . . . . . . . . | 1130 | 1593 | 2059,6 |
| Razem | 3209 | 5607,5 | 7715 |

Badana gorzelnia należy do gorzelni urządzonych racjonalnie; jest całkowicie zmechanizowana i praca aparatów jest ze sobą sharmonizowana.

W gorzelniach urządzonych wadliwie, lub z braku odpowiedniej opieki technicznej i organizacji pracy podczas przerobu, rozchód pary na jednostkę wyprodukowanego spirytusu wypada znacznie większy.

W 40 gorzelniach, w których w kampanji 1930/31 r, zostały przeprowadzone ścisłe próby na odparowanie (ważono węgiel, wodę), rozchód pary na 1 *ltr* 100% wynosił od 8 — 12 *kg*.

Badania przeto przeprowadzone w gorzelni w Wilanowie mogą stanowić podstawę do kontroli gospodarki cieplnej w gorzelniach, szczególnie interesujące jest zużycie pary na parnik i aparat destylacyjny.

---

*Inż. IGNACY GRUSZCZYŃSKI.*

# PRZYWÓZ SPRĘŻAREK Z ZAGRANICY

W uzupełnieniu artykułu o przywozie z zagranicy silników i kotłów parowych (Nr. 8 *Techniki Cieplnej*) podajemy liczby, dotyczące przywozu za tenże okres czasu sprężarek (kompresorów):

| Rok | kg | Złote |
|---|---|---|
| 1926 | 213.600 | 878.000 |
| 1927 | 397.300 | 1.515.000 |
| 1928 | 573.800 | 2.843.000 |
| 1929 | 823.800 | 3.647.000 |
| 1930 | 376.400 | 1.931.000 |

Wysoka wartość przywozu, wzrastająca z każdym rokiem, (spadek w roku 1930 — jest wynikiem przeżywanego kryzysu gospodarczego), świadczy o zaopatrywaniu się rynku za granicą w miarę zwiększających się potrzeb pomimo istnienia produkcji krajowej (Tow. Akc. „Zieleniewski — Fitzner Gamper“).

Zainteresowane wytwórnie powinny zwrócić uwagę na ten dział wytwórczości, niedostatecznie przez nie pod względem handlowym opanowany.

Statystyka celna nie podaje, dla jakich przemysłów oraz jakie wielkości zostały przywiezione; po ten materjał informacyjny — cenny dla naszych wytwórni — należałoby sięgnąć do źródeł urzędowych.

Badanie kierunków przywozu wykazuje dominujące stanowisko Niemiec (50 — 70%) pomimo istnienia wojny celnej.

Udział poszczególnych państw w przywozie w % podaje poniższa tabela:

| Państwa | 1926 | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 |
|---|---|---|---|---|---|
| Niemcy . . . . . | 70 | 53 | 50 | 66 | 52 |
| Czechosłowacja . . | 9 | 3 | — | 2 | 13 |
| Stany Zjednocz. . | 10 | — | 5 | 4 | 11 |
| Szwajcarja . . . | — | — | 18 | 13 | 9 |
| Francja . . . . . | 4 | 32 | 14 | 3 | 7 |
| Austrja . . . . . | 3 | 5 | 5 | 7 | 5 |

---

*Inż. BRONISŁAW CHUDZYŃSKI.*

# KOTŁY NA CIEPŁO ODPADKOWE

## Ich ustrój i zastosowanie.

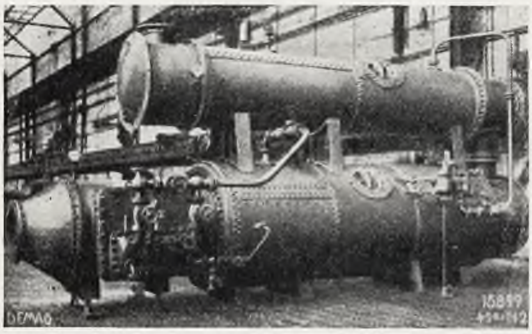
Technika współczesna powinna zwracać coraz większą uwagę na sposoby wyzyskania ciepła odpadkowego, które w postaci miljonów kaloryj uchodzi wraz ze spalinami do kominów wszędzie tam, gdzie istnieją instalacje ogrzewcze lub siłowe.

Istniejące ustroje kotłów zdolne są już dziś wyzyskać w postaci pary przegrzanej lub nasyconej ok. $^{1}/_{3}$ ciepła straconego.

Kotły na ciepło odpadkowe opłacają się tam, gdzie temperatura spalin nie jest niższa niż 350°C — 400°C, a ilość spalin mniejsza, niż 3000 $m^3/godz.$ Instalacja kotłowa przytem może się okupić w ciągu kilkunastu miesięcy.

Ponieważ w instalacjach kotłowych na ciepło odpadkowe wyzyskanie ciepła, wobec niskich stosunkowo temperatur spalin, musi

być jaknajstaranniejsze, odstąpiono w czasach ostatnich od stosowania kotłów płomienicowych i po części opłomkowych, stosują natomiast z powodzeniem kotły płomieniówkowe, poziome o dużej stosunkowo pojemności wody; takie kotły bowiem rozczłonkowywują spaliny na cienkie strugi, przepływające z dużą szybkością ok. 20 *m/sec.* przez opłomki, co korzystnie wpływa na współczynnik konwekcji między spalinami a ściankami płomieniówek, a tem samem i na współczynnik przechodzenia ciepła od spalin do wody, który wynosi od 12 do 15 *j. c./m²/1°C/g.* Przenikanie ciepła przez promieniowanie jest równe niemal zeru, w przeciwieństwie do kotłów z własnemi paleniskami, gdzie pokrywa ono ok. 60% bilansu cieplnego.




Rys. 1. Kocioł płomieniówkowy za silnikiem gazowym syst. „Demag-Thyssen"
Temperatura przed instalacją kotłową ok. 600°C
Temperatura za instalacją kotłową ok. 164°C
Temperatura pary u wyjścia przegrzewacza ok. 377°C
Temperatura wody zasilającej 40°C
Produkcja pary na godzinę 3940 *kg*
Nadciśnienie pary 15 *atn*
Moc silnika w $KM_e$ 3150 *KM*
Produkcja pary w *kg* na $KM_e$ / *godz* 1,245 *kg*

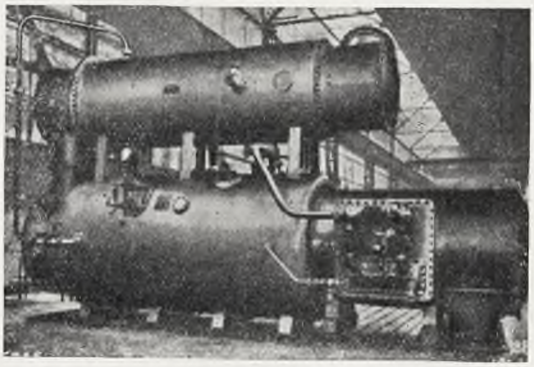
Duże szybkości gazów mają i tę dobrą stronę, że zapobiegają osadzaniu się sadzy w płomieniówkach; ustrój kotłów, ujęty całkowicie w metalową powłokę, szczelnie oddzieloną od zewnętrznego powietrza, zapobiega znakomicie przenikaniu do spalin fałszywego powietrza.

Dla przezwyciężenia jednak dużych stosunkowo oporów przy przepływaniu gazów z dużą szybkością przez instalację kotłową potrzebny jest sztuczny ciąg, tam gdzie spaliny nie posiadają już same dostatecznej energji kinetycznej, jak np. za silnikami spalinowemi.

Duża pojemność wody umożliwia stosowanie takich kotłów nawet w tych wypadkach, gdzie zapotrzebowanie pary jest zmienne. Dalszą ich zaletą jest odporność na eksplozje gazów.

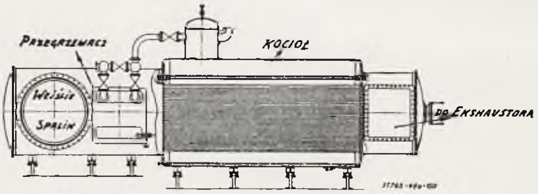
Czyszczenie z kamienia odbywa się bez trudności, gdyż system rurowy daje się wyciągać.

Zwykle kotły na ciepło odpadkowe otrzymują układ tego rodzaju, że spaliny przy wejściu przechodzą najprzód przez przegrzewacz pary, idą następnie do płomieniówek właściwego kotła, wreszcie przechodzą do ekonomizera, którego ustrój jest identyczny z ustrojem kotła.



Rys. 2. Kocioł płomieniówkowy za silnikiem gazowym syst. „Demag-Thyssen"
Nadciśnienie pary 12,5 *atn*
Temperatura pary 380 do 400°C
Produkcja pary w *kg* na godzinę 3375 *kg*
Korpusy walczaków spawane na gazie wodnym

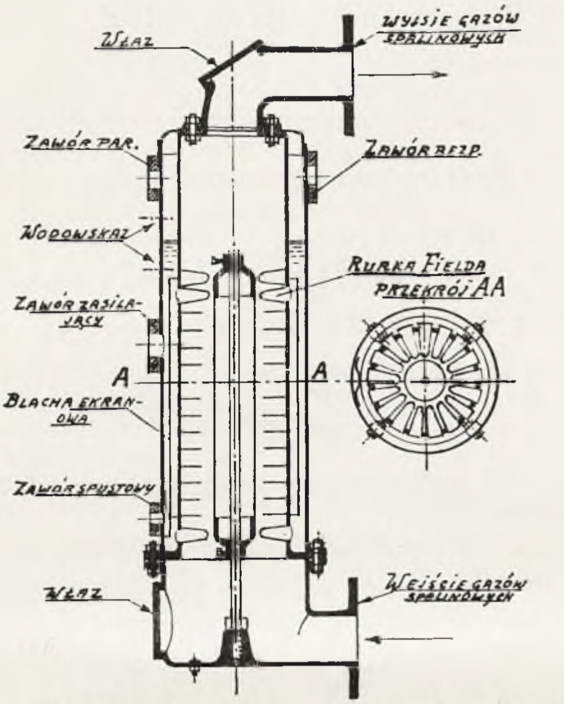
Ekonomizer daje się stosować tam, gdzie spadek temperatury w instalacji kotłowej przewidywać można nie niższy niż 400°C — 500°C.




Rys. 3. Kocioł płomieniówkowy za piecem Martinowskim, syst. „Demag-Thyssen"
Temperatura spalin przed instalacją kotłową 325 do 430°C
Temperatura spalin przed ekshaustorem 180 do 260°C
Różnica temperatur 145 do 170°C
Produkcja pary średnio (5 *atn*, 230°C) 3000 *kg/g*
Miara szczelności instalacji kotłowej: $CO_2$ w spalinach za kotłem, średnio 16%
Powierzchnia ogrzewana kotła 382 $m^2$
Powierzchnia ogrzewana przegrzewacza 22,3 $m^2$
Ekshaustor 200 *mm* sł. wodn. depresji. Silnik (900 *obr/min*) 64 *kW*
Pojemność pieca Martinowskiego 100 *t*
Produkcja pary w *kg* na godzinę średnio 8 *kg/m²*
Produkcja pary na 1 *t* stali ok. 270 *kg/t*

Ekonomizer ustawiony jest, w celu zaoszczędzenia miejsca, nad kotłem i przegrzewaczem; jednak za piecami, w celu możności pracy bez kotła; poziome przegrzewacz i kocioł ustawione mogą być obok poziomego również ekonomizera.

Wpływa na taki układ również w pewnej mierze konieczność stosowania w tych kotłach ekshaustora dla odsyłania spalin, który połączony jest z króccem wylotowym ekonomizera. W kotłach za silnikami spalinowemi, jak wspomniano wyżej, kinetyczna energja spalin zapewnia w zupełności pokonanie oporów układu i ekshautor nie jest potrzebny.



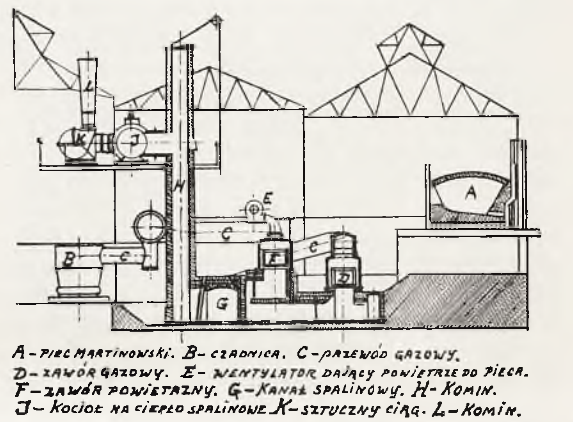

Rys. 4. Kocioł syst. Clarksona (Babcock & Wilcox), ustawiany za silnikami spalinowemi, daje za 4-o suwowemi silnikami ok. 40% utylizacji ciepła zawartego w spalinach, t. j. ok. 250 $kCal/KM_e$/godz.

Na załączonych rys. 1, 2, 3, 4, 5 podane są układy kotłów na ciepło odpadkowe, w wykonaniu firmy „Demag“ w Duisburgu, oraz w wykonaniu firmy „Babcock & Wilcox“ (kocioł syst. Clarksona), w zastosowaniu do silników spalinowych i do pieców Siemens Martina.

Jeżeli przejrzeć dziedziny techniki i przemysłu, gdzie mogą być zastosowane kotły na ciepło odpadkowe, to dziedziny te dadzą się zgrupować, jak następuje:

1. Koksownie.
2. Piece różne na hutach żelaznych.
3. Piece Siemens-Martin'a na stalowniach
4. Gazownie.
5. Za silnikami gazowemi i spalinowemi
6. Za różnemi piecami w przemyśle chemicznym.

Aby kotły na ciepło odpadkowe były zastosowane prawidłowo, należy w każdym poszczególnym wypadku przestudjować warunki, w jakich instalacja ma pracować, drogą wielokrotnych pomiarów temperatur spalin, które są do dyspozycji, oraz drogą ustalenia rachunkowego ilości tych spalin, na zasadzie rzeczywistego zużycia węgla. Wreszcie, należy ustalić drogą pomiarów temperaturę wody, którą ma być kocioł zasilany, czy będzie to woda chłodząca cylindry i tłoki silników spalinowych, nagrzana zwykle dosyć wysoko, gdyż do ok. $35^0$ — $40^0$C czy też woda chłodząca głowice pieca Siemens-Martin'a na stalowni, gdzie kocioł ma być ustawiony, czy też inna odpadkowa woda możliwie już podgrzana. Ciśnienie robocze i temperaturę przegrzanej pary należy również ustalić. Do obliczenia potrzeba wreszcie przyjąć temperaturę spalin po ochłodzeniu ich na ok. 180°C — 200°C, oraz temperaturę podgrzanej w podgrzewaczu (o ile jest zastosowany) wody na ok. 100—120°C.




Rys. 5. Ustawienie kotła na ciepło odpadkowe za piecem Siemens-Martina

Przyjęto następujące oznaczenia:

$t_{sp}'$ — temperatura spalin przed wejściem do instalacji kotłowej w °C.

$t_{sp}''$ — temperatura spalin po wyjściu z instalacji kotłowej w °C.

$Q_{sp}$ — ilość spalin na godzinę w $m^3$ przy 0°C.

$c_{sp} = 0{,}34$ $cal/1\ m^3/1$°C — ciepło właściwe $1 m^3$ spalin.

$p_{atm.\ abs}$ — ciśnienie pary absolutne w $kg/cm^2$

$t_p'$ — temperatura nasyconej pary o ciśnieniu $p_{atm.\ abs}$.

$P$ — ilość pary w $kg$ na godzinę, jaką można otrzymać w instalacji kotłowej.

$\lambda$ — ciepło w $cal/kg$ zawarte w 1 $kg$ pary nasyconej o ciśn. $p_{atm.\ abs}$.

$t_p''$ — temperatura pary przegrzanej.

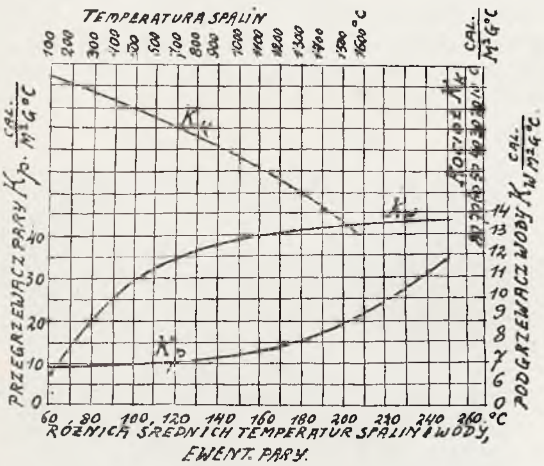
$c_p'$ — ciepło właściwe 1 $kg$ pary o ciśnieniu $p_{atm.\ abs}$ dla średniej temperatury $\frac{t_p' + t_p''}{2}$ (wziąść z wykresów).

$\eta = 0{,}9$ współczynnik wyzyskania ciepła w instalacji kotłowej.

$k'$ — współcz. przenikania ciepła w przegrzewaczu w $cal/1^0C/1\ m^2/godz.$ (wziąść z wykresu rys. 6).

$k''$ — współcz. przenikania ciepła w kotle w $cal/1^0C/1\ m^2/godz.$ (wziąść z wykresu rys. 6).

$k'''$ — współcz. przenikania ciepła w podgrzewaczu w $cal/1^0C/1\ m^2/godz.$ (wziąść z wykresu rys. 6).



Rys. 6.

$H'$ — powierzchnia ogrzana przegrzewacza w $m^2$.

$H''$ — powierzchnia ogrzana kotła w $m^2$.

$H'''$ — powierzchnia ogrzana podgrzewacza w $m^2$.

$t_w'$ — temperatura wody zasilającej przed wejściem do podgrzewacza.

$t_w''$ — temperatura wody zasilającej po wyjściu z podgrzewacza.

Na zasadzie powyższego oblicza się:

Ilość ciepła, która została wyzyskana w instalacji kotłowej w $cal/godz.$

$$C = \eta\ c_{sp}\ (t_{sp}' - t_{sp}'')\ Q_{sp}$$

Ilość pary na godzinę w $kg$:

$$P = \frac{C}{\lambda + c_p'\ (t_p'' - t_p') - t_w'}$$

W przegrzewaczu do pary powinna przejść ilość ciepła:

$$C' = c_p'\ (t_p'' - t_p')\ P, \text{ w } cal/godz.$$

Temperatura przeto spalin za przegrzewaczem będzie:

$$t_{prz} = \frac{Q_{sp}\ t_{sp}'\ c_{sp} - \dfrac{C'}{\eta}}{c_{sp}\ .\ Q_{sp}} \text{ w } {}^0C$$

Powierzchnia przegrzewacza:

$$H' = \frac{2\ C'}{\eta\ (t'_{sp} + t_{prz} - t_p'' - t_p')\ k'} \text{ w } m^2$$

($k'$ z wykresu rys. 6).

W kotle ma być oddane ciepło:

$$C'' = P\ (\lambda - t_w'') \text{ w } cal/godz.$$

Temperatura spalin za kotłem:

$$t_k = \frac{Q_{sp}\ t_{sp}'\ c_{sp} - \dfrac{C' + C''}{\eta}}{c_{sp}\ Q_{sp}} \text{ w } {}^0C$$

Powierzchnia ogrzewana kotła:

$$H'' = \frac{C''}{\eta\left(\dfrac{t_{prz} + t_k}{2} - t_p'\right) k''} \text{ w } m^2$$

($k''$ z wykresu rys. 6).

Odparowanie:

$$d = \frac{P}{H''}\ kg/m^2/godz.$$

W podgrzewaczu wody ma być oddane ciepło:

$$C''' = P\ (t_w'' - t_w'), \text{ w } cal/godz.$$

Temperatura spalin za instalacją kotłową, to jest po wyjściu z podgrzewacza:

$$t_{sp}'' = \frac{Q_{sp}\ c_{sp}\ t_{sp}' - \dfrac{C' + C'' + C'''}{\eta}}{c_{sp}\ Q_{sp}} \text{ w } {}^0C$$

Powierzchnia ogrzewana podgrzewacza:

$$H''' = \frac{2\ C'''}{\eta\ (t_k + t_{sp}'' - t_w' - t_w'')\ k'''} \text{ w } m^2$$

($k'''$ z wykresu rys. 6).

W dalszym ciągu rozpatrzone będą możliwości zastosowania kotłów na ciepło odpadkowe w poszczególnych gałęziach przemysłu, oraz istniejące warunki pracy w tych gałęziach. Działem, gdzie możliwości stosowania omawianych kotłów są bodaj największe, są:

*Koksownie.* Połowa mniej więcej gazów z pieców koksownianych po odpędzeniu z nich cennych produktów ubocznych, idzie na opalanie retort piecowych. Reszta gazów idzie na wytwarzanie siły i na potrzeby destylacji.

Uchodzące po ogrzaniu retort, spaliny posiadają znaczną temperaturę 1000—1100°C, tak że można otrzymać 340 — 525 $kg$ pary nasyconej na 1 tonnę węgla załadowanego do pieców koksownianych. Odparowanie wynosi 13—15 $kg/m^2\ godz.$

O ile nie stosuje się sztucznego ciągu, spaliny można ochłodzić do 280° — 300°C, przy wzmocnieniu zaś komina ekshaustorem, można obniżyć końcową temperaturę spalin i wyzyskanie ciepła posunąć jeszcze dalej.

Otrzymana para może znakomicie uzupełnić energję z gazów koksownianych, pokrywając część znacznego zapotrzebowania na parę chemicznej fabryki.

Przeciętny rachunek potwierdza cyfry powyższe. Z 1 tonny węgla otrzymuje się przeciętnie wagowo: 80% koksu i 14,5% gazów oczyszczonych, oraz 5,5% produktów destylacji.

Ilość gazów suchych, w *nm*³, na 1 tonnę węgla wynosi 278 *nm*³ średnio (waga właściwa ok. 0,54 *kg/nm*³), rzeczywista ilość powietrza potrzebna do spalenia 1 *nm*³ gazu wynosi średnio 6 *m*³/1 *nm*³ gazu, czyli że na 1ᵗ węgla powietrza potrzeba:

$$\frac{278 \, . \, 6}{2} = 834 \; nm^3/1^t \text{ węgla},$$

ilość zatem spalin wyniesie przy 0°:

$$139 + 834 = 973 \; nm^3/1^t \text{ węgla}.$$

Jeżeli przyjąć średnią temperaturę uchodzących spalin na 1050°C i wyzyskać ich ciepło do 290°C, to ciepło wyzyskane w instalacji kotłowej wyniesie:

$$0{,}9 \, . \, 973 \, . \, 0{,}34 \, (1050 - 290) \simeq 226.000 \; cal/1^t \text{ węg.}$$

Jeżeli ma być wyprodukowana para nasycona o ciśnieniu absolutnem np. 10 *ata*, to na 1ᵗ węgla można otrzymać pary *kg*:

$$\frac{226000}{664} \simeq 340 \; kg/1^t \text{ węgla}$$

W chemicznej fabryce zużycie pary wynosi średnio na 1ᵗ węgla ok. 630 *kg*, czyli że przy daleko posuniętem wyzyskania ciepła odpadkowego ze spalin, przy sztucznym ciągu i ochłodzeniu spalin do ok. 180°—200°C, wreszcie przy racjonalnem wyzyskaniu pary do celów grzejnych, ponad 60% zapotrzebowania pary dla chemicznej fabryki przy koksowni może być pokryte.

Dalszą dziedziną, gdzie mają zastosowanie kotły na ciepło odpadkowe, są *różne piece grzejne na hutach żelaznych.*

Zużycie węgla w tych piecach wynosi ok. 7—9% wagi zimnego wsadu, wyzyskanie ciepła zaś jest słabe. Temperatura uchodzących spalin wynosi ok. 650°C, jeżeli piec posiada regeneratory lub rekuperatory i około 1000°C, jeżeli odzysknic niema.

Spaliny w instalacji kotłowej wyzyskać można przy ciągu naturalnym do około 280°—300°C, lub do ok. 180°—200°C przy ekshautorze.

Na każdą tonnę wsadu otrzymać można 150—350 *kg* pary, obciążając kocioł 8—10 *kg* pary na 1 *m*² i godzinę.

Rachunkowo powyższe przedstawia się, jak następuje:

Ilość spalin na 1ᵗ wsadu:

$$80 \; kg \times 15 \; nm^3/kg = 1200 \; nm^3/1^t$$

Dla pieca z odzysknicami można wyzyskać w instalacji kotłowej, na 1ᵗ wsadu zimnego w cal.:

$$0{,}9 \, . \, 1200 \, . \, 0{,}34 \, (650 - 290) \simeq 132000 \; cal/1^t$$

przy naturalnym ciągu.

Jeżeli przyjąć parę przegrzaną o ciśnieniu abs. 16 *ata* i 350°C, to można jej otrzymać na 1ᵗ wsadu zimnego:

$$\frac{132000}{754} \simeq 175 \; kg/1^t$$

Otrzymane ilości pary mogą być większe przy sztucznym ciągu, jak również w wypadku pieców kuziennych, zależnie od ich wielkości Konieczne jest dokładne przestudjowanie temperatur i ilości spalanego węgla.

W każdym razie dla pieców walcownianych można uważać cyfry powyższe za miarodajne i przyjąć, że na 1ᵗ zimnego wsadu, z ciepła odpadkowego można otrzymać od 23 do 54 *kWh*, średnio ok. 38 *kWh.*

Ponieważ zaś na 1ᵗ wsadu zużycie energji na walcowni wynosi od 9 do 37 *kWh* dla walcowni ciężkich i średnich i ok. 184 *kWh* dla walcowni lekkich (drut, bednarka), to para z ciepła odpadkowego, zdolna jest pokryć dla walcarek ciężkich i średnich całkowite zapotrzebowanie energji, z nadmiarem nawet, który może pokryć brak na innych walcarkach; dla walcarek zaś lekkich ok. 20% zapotrzebowania energji.

Średnio zaś całe zapotrzebowanie energji walcarek może być pokryte energją z ciepła odpadkowego pieców grzejnych.

Piece Siemens Martin'a na stalowniach, jak również i inne piece gazowe z odzysknicami, jak piece tyglowe, piece płomienne itd. dają wdzięczne pole do wyzyskania ciepła, uchodzącego do komina.

Ilustruje powyższe następujący rachunek, oparty na średnich cyfrach, dotyczący wyzyskania ciepła odpadkowego *z pieców Siemens-Martin'a*, gdzie temperatura spalin waha się w granicach od 300—700°C.

Zużycie węgla w gazogeneratorach, wytwarzających gaz do pieców Siemens-Martin'a, wynosi średnio na 1ᵗ stali od 20% do 30% wagi gotowego metalu średnio ok. 25% czyli 250 *kg*/1ᵗ.

Ilość gazu na 1ᵗ stali wynosi:

$$3500 \, . \, 0{,}25 = 875 \; nm^3/1^t.$$

Rzeczywista ilość powietrza dla spalenia tej ilości gazu:

$$1{,}1 \, . \, 1{,}2 \, . \, 875 = 1155 \; nm^3/1^t$$

z nadmiarem powietrza 20%.

Ilość zatem spalin równa się:

$$875 + 1155 = 2030 \; nm^3/1^t$$

Ciepło użytecznie wyzyskane w piecu i odzysknicach wynosi ok. 80%; całkowita więc ilość ciepła odpadkowego, która stoi do dyspozycji wynosi przy węglu o 6000 *cal/kg*.

$$250 \,.\, 6000 \,.\, 0{,}2 = 300.0000 \; cal/1^t \text{ stali.}$$

Temperatura spalin:

$$\frac{300.000}{1{,}1 \,.\, 0{,}34 \,.\, 2030} = \sim 395^0\text{C}$$

Przyjęto przytem, że po drodze od pieca i odzysknic aż do wejścia do instalacji kotłowej do spalin przenika ok. 10% fałszywego powietrza.

W instalacji kotłowej, złożonej z przegrzewacza i kotła dla pary 16 *ata* i 350°C i przy ochłodzeniu spalin do 200°C (obciążenie kotła 8—10 *kg* pary na 1 $m^2$ powierz. ogrzew.), można otrzymać pary:

$$\frac{(300.000 - 2030 \,.\, 0{,}34 \,.\, 200).0{,}9}{754 - 35} = 203 \; kg/1^t$$

Woda zasilająca posiada temperaturę ok. 35°C po wyjściu z przewodów chłodzących głowice pieca. Ponieważ rafinowanie stali w piecu trwa dla 1 wsadu ok. 8 godzin (3 topy na dobę), to ilość otrzymanej pary na godzinę wyniesie dla np. 50-tonowego pieca:

$$\frac{203 \,.\, 50}{8} = 1270 \; kg/godz.$$

Zużycie pary na gazogeneratory wyniesie dla pieca $50^t$

$$\frac{250 \,.\, 50 \,.\, 0{,}3}{8} = 470 \; kg/godz.$$

Netto pary dla wytworzenia energji elektrycznej pozostanie:

$$1270 - 470 = 800 \; kg/godz.$$

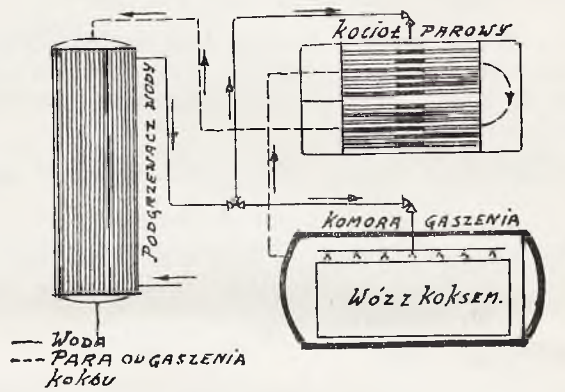
z której to pary można otrzymać ok. 123 *kW* energji.

Ogólne zapotrzebowanie energji dla stalowni, złożonej z 2 pieców Siemens-Martin'a po $50^t$ każdy i wyposażonej w nowoczesne urządzenia wynosi w nominalnej mocy silników ok. 375 *kW* a przy 70% wyzyskania — 240 *kW*, czyli, że para z 2 kotłów pokryje całkowite zapotrzebowanie energji i pary stalowni, przy ostrożnym rachunku nawet.

Podobne do warunków na koksowniach są warunki wyzyskania ciepła *w gazowniach*.

I tu w piecach retortowych część gazów idzie na ogrzanie retort, poczem spaliny z temperaturą 500° — 650°C mogą oddać ciepło w instalacji kotłowej, gdzie są ochładzane do 180°C 200°C przy sztucznym ciągu.

Drugiem źródłem ciepła odpadkowego na gazowni jest ciepło rozżarzonego koksu. Firma Bracia Sulzer w Winterthur zastosowała dla wyzyskania tego ciepła kocioł wodnorurowy o pionowych opłomkach, przyczem ekshaustor zasysa spaliny zawarte w retorcie z rozżarzonym koksem i przetłacza je przez opłomki kotła, gdzie oddają wodzie kotłowej ciepło. Z kotła spaliny te idą z powrotem do retorty z koksem, zabierają nową porcję ciepła i dalej znowu oddają je wodzie kotła. W ten sposób spaliny w obiegu kołowym doprowadzają do wyrównania temperatur w kotle i w retorcie, dając określoną ilość pary z kotła i gasząc koks na sucho, od czego gatunek jego się polepsza, gdyż koks staje się więcej zwarty. Następnie zgaszona porcja koksu wytłacza się z retorty, dokąd załadowywany zostaje nowy ładunek rozżarzonego koksu. W ten sposób firma Sulzer otrzymywała w ciągu rocznej pracy średnio 403 *kg* pary na $1^t$ koksu, o zawartości 248.000 jedn. cieplnych w parze.




Rys. 7. Schemat instalacji Heller-Bamag na koksowni.

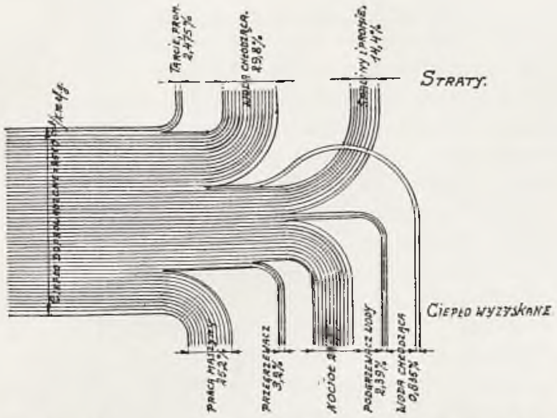
Inny system otrzymywania pary od gaszenia koksu na gazowniach, a mianowicie system „Heller-Bamag", polega na tem, że wóz z rozżarzonym koksem wjeżdża do kotła hermetycznie zamykanego (Rys. 7), w którym następuje polewanie wodą rozżarzonego koksu, przyczem ciśnienie mieszaniny pary i gazu wodnego doprowadza się do 14 *atn*, poczem przepuszcza się ją przez kocioł płomienno rurowy i dalej przez podgrzewacz wodny, przyczem otrzymuje się wtórna para. W ten sposób na 1 *t* koksu otrzymano 300 *kg* pary o ciśn. 8 *atn* oraz 40 $m^3$ gazu wodnego o wartości cieplnej 2500 $cal/m^3$. Koks gaszą aż do temperatury 200 — 250°C, poczem przy odpompowywaniu gazu wodnego, odparowywuje znaczna część wilgoci z koksu. Ważną dziedziną wyzyskania ciepła odpadkowego są *silniki spalinowe* wszelakiego rodzaju. Tablica poniższa daje główne dane, dotyczące bilansu cieplnego głównych silników spalinowych (gazowych), przy pełnem obciążeniu, 15°C wody chłodzącej i 150°C ochłodzonych spalin, wychodzących z instalacji kotłowej [1]).

[1]) Por. str. 222.

Tablica znajduje potwierdzenie w rachunku, przeprowadzonym dla silnika na gaz wielkopiecowy, o mocy 3000 $KM_e/g$ (Rys. 8). Ciepło wprowadzone: 2,8 . 900 = = 2510 $cal/KM_e/g$. Zużycie ciepła na pożyt. pracę mech.:

$$\frac{632 \cdot 100}{2510} = 25{,}2\%$$

Ilość powietrza do spalenia 2,8 *m* gazu = = 2,8 $nm^3$.




Rys. 8. Bilans cieplny silnika gazowego 3000 *KM*.

Ilość spalin w $nm^3 = 2{,}8 + 2{,}8 = 5{,}6\ nm^3$.
Temperat. spalin.: 550°*C*.

Wody chłodzącej o temperaturze 15°C potrzeba 35 $l/KM_e/g$.

Ciepło, które można wyzyskać w instalacji kotłowej przy temperaturze wyjściowej spalin = 150°*C*, temperaturze wody zasilającej 37°C, podgrzanej do 100°C, w celu otrzymania pary o ciśn. abs. 16 *ata* i 350°C wynosi w postaci pary:

$$\frac{5{,}6 \cdot 0{,}34 \cdot (550 - 150) \cdot 0{,}9}{754 - 37} = \frac{685}{717} =$$

$$= 0{,}955\ kg/KM_e/g$$

Całkowita ilość ciepła wyzyskana w instalacji kotłowej: 717 . 0,955 = 685 $cal/KM_e/g$.

Czyli:

$$\frac{685 \cdot 100}{2510} = \sim 27{,}3\%$$

Razem wyzyskano pożytecznie:

$$632 + 685 = 1317\ cal/KM_e/g$$

czyli:

$$\frac{1317 \cdot 100}{2510} = 52{,}4\%$$

Ciepło zużytkowane z wody chłodzącej:

$$\frac{(37 - 15) \cdot 0{,}955 \cdot 100}{2510} = 0{,}835\%\ ^{1)}$$

1) Por. tab. str. 222.

Ciepło, które unosi woda, po nagrzaniu się do temp. 37°*C*:

$$(37 - 15) \cdot 34{,}005 \cong 748\ cal/KM_e/g$$

czyli:

$$\frac{748 \cdot 100}{2510} = 29{,}8\%$$

Rezultaty obliczenia powyższego przedstawiono wykreślnie na rys. 8.

Przy *silnikach Diesel'a* stosowane są z powodzeniem kotły na ciepło odpadkowe.

Zużycie oleju wynosi na 1 $KM_e/godz.$ średnio 185 *gr*, co odpowiada 1850 *cal*.

Temperatura spalin za silnikiem wynosi śr. ok. 500°*C*, a ciepło wyzyskane dla wytworzenia pary — ~ 340 $cal/KM_e/g$, co daje ok. 0,53 *kg* pary na 1 $KM_e/g$.

Na *cementowniach i w przemyśle chemicznym* możliwości wyzyskania ciepła odpadkowego są również znaczne.

W każdym jednak poszczególnym wypadku zaprojektowanie instalacji kotłowej powinno nastąpić na zasadzie dokładnych studjów istniejących warunków.

Warunków tych i możliwości stosowania instalacyj parowych na ciepło odpadkowe niepodobna wszystkich rozpatrzeć, ograniczyć się więc wypada do najbardziej typowych, które wyżej poddane zostały analizie.

Koszty inwestycyjne instalacji kotłowych na ciepło odpadkowe są stosunkowo znaczne, wobec małych dopuszczalnych obciążeń jednostki powierzchni ogrzewalnej (8 — 12 $kg/m^2$).

Dalej w kalkulacji kosztów jednostki wagowej pary, wyprodukowanej w tych instalacjach, największą pozycją są koszta energji na sztuczny ciąg i pompę zasilającą. Koszt 1 *kg* pary z tych kotłów będzie jednak zawsze tańszy od kosztu 1 *kg* pary z instalacji kotłowej z własnem paleniskiem, gdzie instalacje też nie są tanie, gdzie w wielu wypadkach stosuje się również sztuczny ciąg, i gdzie wybitną pozycją kosztów jest koszt opału.

Wprawdzie koszta te rozkładają się na większą ilość wyprodukowanej pary. Nie zawadzi więc przeprowadzić rachunku porównawczego kosztów jednostki pary, zanim się przystąpi do realizowania instalacji na ciepło odpadkowe. Jeżeli nawet zysk z instalacji na ciepło odpadkowe będzie niewielki w porównaniu z instalacją o własnem palenisku, posiada one poważne zalety, które za jej ustawieniem przemawiają.

Są to: zaoszczędzenie dużej pozycji kapitału obrotowego, jaką jest niewątpliwie koszt opału, przez co pozycja ta ulegnie dużej redukcji, na hutach zaś żelaznych zaoszczędzenie znacznych ilości gazów hutniczych, tego cennego materjału opałowego dla celów hutniczych i procesów metalurgicznych.

| | Średnie zużycie gazu | Wartość cieplna gazu | Ciepło zamienne na pracę | Praca tarcia | Ilość wody chłodz. | Wyjściowa temperatura wody chłodz. | Ciepło zawarte w wodzie | Temper. spalin | Ciepło zawarte w spalin. | Ciepło do wyzyskania w spalinach i wodzie chłodz. | Ciepło na 1 $KM_e/g$ | | Ciepło do wyzyskania w spalinach i wodzie chłodz. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | w wodzie chłodz. | w spalinach | |
| Silnik na gaz świetlny . | 0,5 — 0,65 | 4500—6000 | 20 — 25 | 6 — 10 | 30 — 35 | 50 — 55 | 35 — 40 | 350 — 600 | 30 — 40 | 52 | 1100 | 1050 | 1550 |
| Silnik na gaz koksowiany | 0,8 | 3500—4500 | 20 — 25 | 6 — 10 | 30 — 40 | 35 — 40 | 35 — 40 | 400 — 500 | 30 — 40 | 42 | 1050 | 1050 | 1100 |
| Silnik na gaz czadnicowy | 2 — 2,3 | 1100—1500 | 20 — 25 | 6 — 10 | 30 — 40 | 50 — 55 | 35 — 40 | 350 — 500 | 23 — 33 | 48 | 1100[2]) | 850[2]) | 1450[2]) |
| Silnik na gaz wielkopiecowy . . . . . | 2,8 | 800—1000 | 20 — 25[1]) | 6 — 10 | 30 — 40 | 35 — 40 | 35 — 40 | 500 — 600[1]) | 28 — 36 | 37 | 800 | 850 | 900 |
| | $m^3/KM_e/g$ | $cal/nm^3$ | % | % | $l/KM_e/g$ | $^0C$ | % | $^0C$ | % | % | cal | cal | $cal/KM_e/g$ |

[1]) Przy przedmuchiwaniu cylindra powietrzem — wyższe.

[2]) Do 100 *KM*, wyżej — jak dla silnika na gaz koksowiany.

Powyższe dotyczy głównie hut, które nie mają, jak huty na terenie byłej Kongresówki, własnych kopalni węgla lub są od węgla stosunkowo oddalone i w wielu wypadkach liczyć się więc muszą z jaknajdalej posuniętem wyzyskaniem energji cieplnej węgla.

Nie trudno sobie wyobrazić na hucie żelaznej instalacji, złożonej z sieci kotłów na ciepło odpadkowe, od których biegną rurociągi parowe, starannie izolowane do turbinowni centralnej.

Kotły mogą być zaopatrzone w automaty, znajdujące się pod wpływem ciśnienia pary, które sterują zasuwy spalinowe kotłów w kanałach obejściowych przy każdym kotle, zależnie od zapotrzebowania pary. Zasilanie kotłów może się też odbywać samoczynnie, tak że specjalnej obsługi kotły wymagać nie będą, wystarczyłaby obsługa piecowa.

W turbinowni możnaby ustawić agregat wysokoprężny, któryby w 2 kadłubach dawał potrzebną ilość energji. Pokrycie zaś, reszty energji, jak również i „szczytów", mogłoby być zapewnione z instalacyj na ciepło odpadkowe, zasilających turbogeneratory nizkiego ciśnienia, odpowiadającego ciśnieniu w drugim kadłubie turbogeneratora dwukadłubowego.

W przemyśle jednak krajowym, jak zresztą nawet i w przemyśle zachodnim, w pewnej mierze, brak jest na razie zrozumienia dla istniejących możliwości zaoszczędzenia opału, drogą jaknajdalszego wyzyskania ciepła kominowego.

W Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej, gdzie łatwość i obfitość kapitału sprzyjała, przynajmniej do niedawna, szeroko zakrojonym inwestycjom, wyzyskanie ciepła spalin znalazło szerokie zastosowanie.

Źródła:

1. R. Spalckhaver, Fr. Schneiders „Die Dampfkessel" 1924.

2. „Anhaltszahlen für den Energieverbrauch in Eisenhüttenwerken", herausgegeben von der Wärmestelle Düsseldorf 1925.

3. „Hütte" Taschenbuch für Eisenhüttenleute 1922.

4. „Demag Nachrichten" Oktober 1929 i Mai 1930.

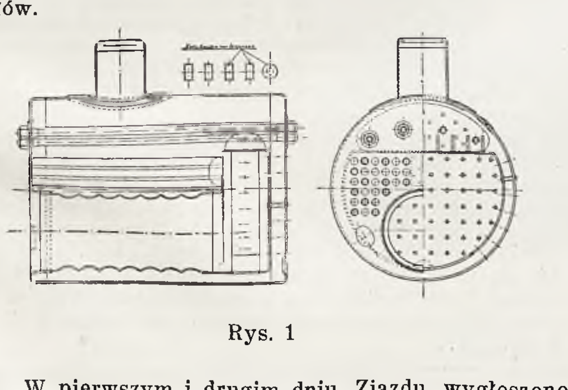
5. „Chaleur et Industrie" Septembre 1927, Mars 1931.

*Inż. A. ELANDT.*

# I-szy MIĘDZYNARODOWY KONGRES SPAWANIA KOTŁÓW PAROWYCH

W dn. 1 — 3 lipca b. r. odbył się w Hadze międzynarodowy kongres, w którym wzięło udział przeszło 260 przedstawicieli z 13 różnych państw, głównie z Niemiec, Holandji i Szwajcarji, w tem 2 delegatów z Polski: inż. Z. Dobrowolski z f-my Perun, redaktor czasopisma „Spawanie i cięcie metali" oraz podpisany.

Wśród uczestników kongresu było, prócz reprezentantów zainteresowanego przemysłu, wielu przedstawicieli nauki, władz oraz Stowarzyszeń Dozoru Kotłów.



Rys. 1

W pierwszym i drugim dniu Zjazdu wygłoszono szereg ciekawych odczytów, ilustrowanych przezroczami, filmami, a nawet pokazami praktycznemi. Obok sali konferencyjnej bowiem znajdowała się wystawa urządzeń do spawania i wzorów połączeń spawanych, na której różne instytucje i firmy prywatne przeprowadzały demonstracje spawania i cięcia. Między innemi inż. Höhn, dyr. Szwajcarskiego Stowarzyszenia Dozoru Kotłów, wspólnie z dr. Huygen'em (Amersfoord, Hol.), przeprowadzał przy różnych ciśnieniach zapomocą tensometrów, opisanych w sprawozdaniu Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Katowicach za rok 1929, pomiary naprężeń w spoinach kotła spawanego jego systemem i t. d.

Na kongresie wygłoszono następujące referaty:

1. Dr. Fry (Krupp, Essen): „Spawanie stali miękkiej z punktu widzenia metalurgji, ze szczególnem uwzględnieniem budowy kotłów parowych".

2. Dr. inż. Rapatz (Böhler, Wiedeń—Düsseldorf): „Druty do spawania, materjały dodatkowe i materjały rodzime w budowie kotłów parowych i zbiorników wysokoprężnych".

3. Dr. P. Schoenmaker (Smit & Co, wytw. transformatorów w Nijmegen, Hol.): „Własności mechaniczne spoin".

4. Prof. P. Barthke (Wittenberge): „Metody badania spoin".

5. Inż. H. Kochendörffer (Stow. Dozoru Kotłów, Essen): „Rozkład naprężeń w połączeniach spawanych, szczególniej w budowie kotłów parowych".

6. Dr. G. Mesmer (Inst. Mechan. Stosow. Uniw. w Göttingen): „Badania (optyczne) naprężeń na modelach z nakładkami Höhna".

7. Inż. R M. Granjon (Office Centrale de la Soudure Autogène, Paris): „Spoiny pewne (spoiny nawskroś, pionowe i półpionowe").

8. Prof. C. F. Keel (Bazyleja): „Najlepsze metody autogenicznego spawania kotłów".

9. Inż. E. Höhn (Szwajcarskie Stow. Doz. Kotłów, Zurych): „Stosowanie nakładek zabezpieczających przy spawaniu kotłów parowych".

10. Dr. F. O. Huygen (Amersfoord, Hol.): „Odkształcenia sprężyste spoin wzmocnionych nakładkami".

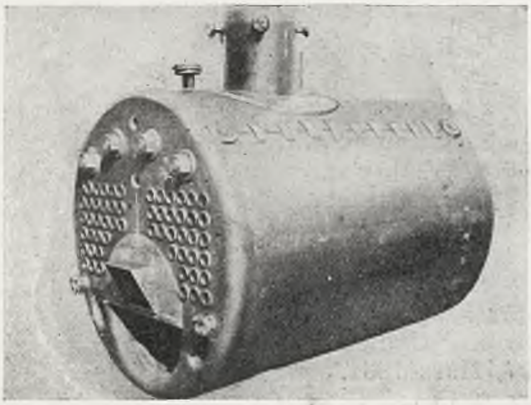
11. Inż. G. J. Thyssen (Koleje Hol.): „Spawanie acetylenowe i elektryczne w budowie i naprawie kotłów parowych".

12. M. Lebrun (S. A. F. Paris): „Naprawa kotłów parowych zapomocą spawania autogenicznego".

13. Inż. H. Inhelder (Brown, Boveri & Co, Baden, Szwajcarja): „Najnowsze badania wytrzymałości spoin łukowych".

14. Dr. Inż. H. Holler (I. G. Farben—Ind.): „Spawanie metali nie żelaznych".

Z uwagi na bardzo bogatą i sumiennie opracowaną treść wygłoszonych odczytów, postanowiono, przychylając się do życzenia większości uczestników kongresu, wydać specjalną książkę, w której będą wydrukowane nie tylko wszystkie wymienione wyżej odczyty, lecz również opublikowany będzie bardziej ciekawy materjał, zebrany podczas przeprowadzonej nad każdym z wygłoszonych referatów dyskusji [1].



Rys. 2

Niezależnie od plenarnych zebrań odbywały się w dn. 2 i 3 lipca w sąsiedniej małej sali zebrania obecnych na Kongresie delegatów Stowarzyszeń Dozoru Kotłów. W zebraniach tych, których inicjatorem był dyr. Holenderskiego Stowarzyszenia Dozoru Kotłów, p. inż. Verhoeff, wzięło udział 31 przedstawicieli Dozoru Kotłowego z 12 różnych państw, wśród których był również obecny podpisany, z Katowickiego Stowarzyszenia Dozoru Kotłów, jako jedyny delegat polski.

Celem tych zebrań, pierwszych od roku 1914, było przedewszystkiem zaznajomienie się, na podstawie ustnych relacyj, z istniejącemi przepisami w poszczególnych państwach, reprezentowanych przez obecnych, a dotyczącemi zakresu stosowania spawania w budowie kotłów parowych, oraz podjęcie dyskusji na temat ujednostajnienia tych przepisów na terenie międzynarodowym.

Muszę tu podkreślić, że po zreferowaniu przez poszczególnych delegatów istniejących w reprezentowanych przez nich krajach przepisów, okazało się, że nowsze przepisy dot. budowy kotłów, dostosowane do dzisiejszego stanu techniki kotłowej, posiada zaledwie 4 państwa, wśród których znajduje się również i Polska. Reszta zaś państw wydała dotychczas w tej materji albo rozporządzenia dorywcze lub też posługuje się przeważnie przepisami niemieckiemi z roku 1926.

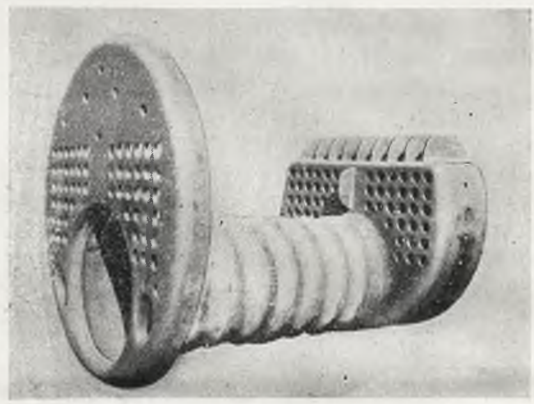
[1]) Książka ta wyjdzie z druku w końcu bieżącego roku. Zamówienia należy kierować już teraz pod adresem: „N. V. De Zuid-Hollandsche Boek-en Handelsdrukkerij. Den Haag, Wagenstraat 70", przekazując jednocześnie 13,5 guld. hol.

Wobec tego, że cały szereg delegatów, zabierających w sprawie ujednostajnienia przepisów głos, uznał za wskazane podjęcie pracy nad urzeczywistnieniem tego celu, postanowiono, na wniosek podpisanego, powołać do życia specjalną komisję, w skład której weszli inżynierowie:

Verhoeff, dyr. Holenderskiego Stow. Doz. Kotłów.
Höhn, dyr. Szwajcarkiego " " "
Kammerer, dyr. Alzackiego " " "
Vigener, dyr. Związku niem. " " "

Zadaniem powyższej komisji jest zebranie i przestudjowanie do następnego kongresu przepisów o stosowaniu spawania w budowie kotłów, obowiązujących we wszystkich państwach europejskich.

W tym celu postanowiono, ażeby każdy z obecnych na Zjeździe delegatów przesłał do końca b. r. na ręce członka Komisji, dyr. Vigenera, obowiązujące w jego kraju przepisy w tłomaczeniu na język francuski, angielski lub niemiecki. Na tem obrady zakończono.



Rys. 3

Tego samego dnia, t.j. 3-go lipca b. r., udano się autobusami do Rotterdamu, gdzie uczestnicy Kongresu zwiedzili urządzenia portowe, nowocześnie urządzoną fabrykę herbaty, kawy i tytoniu firmy van Nelle, której wielopiętrowe budynki fabryczne oraz kotłownia wykonane są całkowicie ze szkła.

Prawdziwą niespodzianką dla wielu delegatów Stow. Doz. Kotłów były oględziny dopuszczonego przez Dozór Holenderski do ruchu kotła okrętowego o pow. ogrzew. 32 $m^2$, zbudowanego na 14 *atn* przez fabrykę „Maasstad" w Rotterdamie (rys. 1, 2 i 3). Kocioł ten, uwidoczniony na załączonych rysunkach, nie posiada ani jednego nita i jest całkowicie wykonany zapomocą spawania elektrycznego, przyczem szew podłużny walczaka zabezpieczony jest nakładkami Höhna. Sposób łączenia poszczególnych części tego kotła pokazany jest na rys. 1.

Trzeba przyznać, że dopuszczenie podobnej konstrukcji do ruchu i to na stosunkowo wysokie ciśnienie robocze, świadczy o daleko posuniętej odwadze Dozoru Holenderskiego. Nie ulega dla mnie jednak już dziś żadnej wątpliwości, że podobny sposób wykonania *nowych* kotłów nie znajdzie dużego zastosowania na szerokim świecie i nie będzie mógł być uwzględniony w projektowanych międzynarodowych przepisach dot. zastosowania spawania w budowie kotłów parowych.